

МКХ РСФСР, 1955. – 172 с.

7. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 155 с.

8. Михайлов В.А., Сиденко Т.К. Влияние дисперсности взвешенных веществ на работу контактных осветлителей // Водоснабжение: Сб. научн. трудов АХХ. Т. VIII. – М.-Л., 1961. – С. 81-89.

Отримано 12.03.2011

УДК 628.32

С.Ю.НІКУЛІН, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

Н.Г.ОНИЩЕНКО

Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД

Здійснено обґрунтування необхідності подальшого удосконалення обладнання для очистки стічних вод від грубо-, дрібнодиспергованих нафтових забруднень і завислих частинок. Наведено аналіз лабораторних досліджень і промислових технологічних випробувань окремо удосконаленого модульного пристрою, а також в комбінації з модернізованим електричним апаратом. Виконано технологічні випробування комбінованого методу очистки стічних вод мийки цистерн вагонного депо та оцінка отриманих результатів.

Осуществлено обоснование необходимости дальнейшего усовершенствования оборудования для очистки сточных вод от грубо-, мелкодисперсных нефтяных загрязнений и взвешенных частиц. Приведен анализ лабораторных исследований и промышленных технологических испытаний отдельно усовершенствованного модульного устройства, а также в комбинации с модернизированным электрическим аппаратом. Выполнены технологические испытания комбинированного метода очистки сточных вод мойки цистерн вагонного депо и оценка полученных результатов.

The ground of necessity of further improvement of equipment is carried out for sewers waters treatment from rough-, finelydispense oil contaminations and weighed particles. The analysis of laboratory researches and industrial technological tests of the separately improved module device is resulted, so in combination with the modernized electric vehicle. The technological tests of the combined method of sewers waters treatment are executed washings of cisterns of carriage depot and estimation of the got results.

Ключові слова: стічна вода, грубо-, дрібнодисперговані нафтові забруднення, завислі частинки, комбінований метод, очистка, електроапарат, модульний пристрій, концентрація, технологічні випробування, швидкість біозростань, щільність струму, швидкість фільтрування.

Існує велика кількість стічних вод, які містять грубо-, дрібнодисперговані нафтові забруднення та завислі речовини. Розробка і впровадження ефективних компактних установок невеликої (1-25 м³/год) продуктивності є актуальною проблемою у зв'язку з великою кількістю джерел утворення подібних стічних вод.

Завдання підвищення ефективності очистки води в основному від нафтозабруднень можна вирішити за допомогою комбінованого методу очистки нафтомістких стічних вод. Комбінований метод передбачає послідовну обробку стічних вод у модернізованих електричному апараті та в модульному пристрої. Основне призначення попередньої електричної обробки – запобігти утворенню і розвитку біозростань в коалесцентному фільтрі удосконаленого модульного пристрою, в якому здійснюється основний етап глибокого очищення стічних вод. Крім того електрообробки сприяє порушенню стабільності емульсованої частини нафтових забруднень.

В модульному пристрої суміщаються процеси тонкошарового відстоювання більш великих нафтових частинок в тонкому шарі і сепарації з ефектом коалесценції більш дрібних, в тому числі емульгованих, нафтових умовних краплин при фільтрації води через плаваюче завантаження. Одночасно відбувається процес видалення основної частини концентрації твердих завислих часток в тонкошарових каналах до коалесцентного фільтру. Таким чином реалізується підвищення загальної ефективності роботи установки.

Нами раніше було виконано дослідження в лабораторних і промислових умовах впливу електричної обробки на інтенсивність біозростань, як окремо, так і в комбінації з модульним пристроєм [1-3]. У дослідженнях використано модернізований електричний апарат з нерозчинними сталевими і графітовими електродами. Позитивні результати отримано виключно при застосуванні комбінації удосконалених пристроїв [4]. Найбільша ефективність очистки від нафтопродуктів і завислих твердих часток 75-95% та 83-98%, відповідно отримано при наступних показниках: щільності струму на електродах – 4-25 А/м² та питомій тривалості переривання подачі напруги на пластини електродів 250-350 мс/с; швидкості фільтрування в модулях – 10-15 м/ч. Виконані в промислових умовах випробування модульного пристрою здійснювалося в умовах напірної подачі води з тиском в діапазоні 0,1-0,25 МПа. Комбінація пристроїв також дозволила отримати воду II і III (не біогенна і допустимо біогенна) груп при 2 і 3 балах біогенності, відповідно, тобто отримана вода з слабким та середнім ступенем біогенності. Останні позитивні результати лабораторних експериментів отримано при застосуванні в якості плаваючого завантаження коалесцентного фільтру модульного апарату зернистого матеріалу – підготовленого антрацит-фільтранту (ПАФ) крупністю зернин 0,8-1,2 мм, який вироблений за допомогою сучасної технології [5].

Конструкція апарату (модульного пристрою) розроблена авторами статті і співавторами та отримано позитивне рішення на отримання

патенту України на винахід [6].

Проведені раніше дослідження стали основою для проведення нижче наведених досліджень комбінованого методу очистки стічних вод на промислово-дослідній установці з метою визначення оптимальних технологічних параметрів роботи останньої.

Технологічні випробування за запропонованим комбінованим методом очистки виконувались на установці, що очищала стічну воду вагонного депо від мийки цистерн від нафтопродуктів (пропарка цистерн і гідрозмив). Стічну воду спочатку очищали в стандартному нафтоуловлювачі від основної маси забруднень, потім насосом подавали на дослідну установку з витратами $\sim 1,5; 10,0; 18,0 \text{ м}^3/\text{год}$ у електроапарат з вільним виливом води, а потім насосом під тиском $0,12 \div 0,15 \text{ МПа}$ подавали на модульний пристрій. Температура стічної води – $30-40^\circ\text{C}$.

Вихідна стічна вода, яку подавали на установку для очищення, мала наступний хімічний склад: $\text{pH}=7,0-7,9$; загальний солевміст – $930-1020 \text{ мг/л}$; $\text{Щ}_0 = 2,9-3,2 \text{ мг-екв/л}$; $\text{Ж}_0 = 7,6-8,0 \text{ мг-екв/л}$; $\text{Cl}^- = 89-105 \text{ мг/л}$; $\text{SO}_4 = 155-180 \text{ мг/л}$.

Механічні забруднення в стічній воді, що подавалася на дослідну установку:

- за вислі речовини з крупністю частинок (в масовому співвідношенні): $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$ – 6%; $1,0 \div 5,0 \text{ мкм}$ – 39%; $5,0 \div 10,0 \text{ мкм}$ – 19%; $10,0 \div 40,0 \text{ мкм}$ – 30%; $40,0 \div 100,0 \text{ мкм}$ – 6% та концентрацією $8 \div 12 \text{ мг/л}$;

- нафтопродукти (мастила) з крупністю умовних краплин (в масовому співвідношенні): $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$ – 5%, $1,0 \div 5,0 \text{ мкм}$ – 28%, $5,0 \div 10 \text{ мкм}$ – 15%, $10 \div 20,0 \text{ мкм}$ – 31%, $20,0 \div 100,0 \text{ мкм}$ – 21% та концентрацією $60 \div 95 \text{ мг/л}$.

Параметри електрообробки з метою отримання мінімальних швидкостей біозростань: щільність струму (на електродах) 4 і 10 А/м^2 ; напруга, що подається на електроди, варіювалася в межах $9-18\text{В}$. Електрообробку виконували за допомогою 12 пар електродів: анодом із графіту та сталі катодом із загальною площею $1,5 \text{ м}^2$. Електроди, встановлені в чотирьох зонах (по 3 пари в зоні) протинаправлено в послідовності: перша зона – анод-катод; друга зона – катод-анод; третя зона – анод-катод; четверта зона – катод-анод. Електрична обробка води проводилася безперервно і з перериванням подачі напруги на електроди – 1 раз в секунду, тривалість переривання – 250 мс (питома тривалості переривання електрообробки – 250 мс/с). Переривання подачі напруги на електроди виконувалося послідовно в порядку одночасно в першій та другій і потім в третій та четвертій зонах. Питоме гід-

равлічне навантаження відповідно витратам води складало $\sim 1,0$; 6,7; 12,0 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ (де м^2 – площа електродів), максимальна питома витрата електроенергії в експериментах з безперервною обробкою води $\sim 0,36$ кВт·год/ м^3 , де $\text{м}^3/\text{год}$ – витрата стічної води.

В якості плаваючого завантаження коалесцентного фільтру модульного апарата використаний зернистий матеріал – підготовлений антрацит-фільтрант (ПАФ) крупністю зернин 0,8-1,2 мм, який вироблений за допомогою сучасної технології [5]. Загальна ефективна площа фільтрування модулів $\sim 1,4 \text{ м}^2$, швидкість фільтрування $\sim 1,0$; 7,0; 13,0 м/год відповідно витратам води. Тривалість фільтроциклу задавалася однаковою для всіх експериментів – 30-32 год. Загальна тривалість шести експериментів у кожному блоці складала приблизно 7,5-8,1 діб.

В ході експериментів промивка завантаження модулів виконувалася за допомогою пари протягом 2-3 хв. і гарячої води при температурі 50°C тривалістю 1-2 хв. загальними питомими витратами води 1-3 $\text{дм}^3/\text{дм}^3$ завантаження на одне промивання.

Вода до і після установки по концентраціях завислих речовин, нафтопродуктів, витраті води аналізувалася на початку та наприкінці кожного фільтроциклу та скидалася в міську каналізацію.

Визначення швидкості біозростань та ступінь біогенності води виконана відповідно до відомої методики на ловчих пластинах зі складом розміром $50 \times 50 \times 0,5$ мм, які встановлено після модульного апарату в ємності очищеної води [7].

Швидкість біозростань розраховували за формулою

$$C_{\text{б.з.}} = \frac{M_2 - M_1}{F \times T} \quad (\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

де M_1 і M_2 – вага ловчої пластини до і після експозиції (з біозростаннями) в г; F – площа поверхні пластини (з обох сторін) в м^2 , $F = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; T – тривалість експозиції пластини в год.

Результати експериментів по визначенню ефективності роботи установки комбінованої очистки наведено в табл.1.

Як видно з табл.1, наприкінці 6-го експерименту з очисткою стічних вод тільки в модульному пристрої без електрообробки зниження ефективності очищення води становить: по концентраціях завислих речовин з 65-85 до 44-67%, нафтопродуктів – з 85-92 до 39-57%.

В експериментах з комбінованим методом очистки стічних вод ефективність становить:

- при щільності струму $4-10 \text{ А}/\text{м}^2$ та швидкості фільтрування 10-13 м/год – 63-78% для завислих речовин та 85-92% – для нафтопродуктів;

- при щільності струму 4-10 А/м² та швидкості фільтрування 0,9-7 м/год – 72-88% для завислих речовин та 85-95% – для нафтопродуктів.

Таблиця 1 – Результати експериментів по визначенню ефективності роботи установки комбінованої очистки

№ експерименту	Вид обробки стічної води	Технологічні показники					
		витрата води, м³/год	залишковий вміст, мг/л		ефективність очищення, %		швидкість фільтрування, м / год
			завислі речовини	нафтопродукти (мастила)	завислі речовини	нафтопродукти (мастила)	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	в модульному пристрої без електрообробки	18,0	2,8-2,9	9,0-9,5	65-76	85-90	11-13
2			2,7-2,9	15,0-16,5	66-76	75-83	10-13
3			3,0-4,0	18,0-19,0	62-67	70-80	8-10
4			3,0-4,4	24,0-28,0	62-63	60-70	8-9
5			3,5-5,1	36,6-41,4	56-58	39-56	5-7
6			4,5-6,1	36,6-50,5	44-49	39-47	4-6
1	в модульному пристрої без електрообробки	10,0	2,0-2,2	8,4-8,6	75-82	86-91	6-7
2			2,0-2,3	8,5-9,5	75-81	86-90	5-7
3			2,8-3,0	11,4-13,3	65-75	81-86	5-6
4			3,2-3,6	21,0-28,4	60-70	65-70	4-5
5			3,4-4,0	27,0-30,4	58-67	55-68	3-5
6			4,2-6,0	35,4-48,4	47-50	41-49	3-4
1	в модульному пристрої без електрообробки	1,5	1,7-1,8	7,0-7,2	79-85	88-92	0,9-1
2			1,7-1,9	7,5-8,1	79-85	87-91	0,9-1
3			1,7-1,9	12,6-17,1	79-85	79-82	0,6-0,8
4			2,0-2,2	12,6-15,2	75-82	79-84	0,5-0,7
5			2,5-3,0	19,2-28,5	69-75	68-70	0,3-0,5
6			3,8-4,8	27,0-41,1	52-60	55-57	0,3-0,4
1	2	3	4	5	6	7	8
щільність струму 4 А/м²							
1	ел. об.-ка + в модульному пристрої	18,0	2,8-2,9	9,0-9,5	65-76	85-90	11-13
2			2,7-2,9	9,0-9,5	66-76	85-90	10-13
3			2,8-2,9	9,0-9,6	65-76	85-90	11-13
4			2,8-3,0	8,4-9,5	65-75	86-90	10-13
5			2,7-3,0	7,2-8,6	66-75	88-91	10-13
6			3,0-3,1	9,0-9,5	63-74	85-90	10-13
щільність струму 4 А/м²							
1	ел. об.-ка + в модульному пристрої	10,0	2,0-2,2	8,4-8,6	75-82	86-91	6-7
2			2,0-2,3	9,0-9,5	75-81	85-90	5-7
3			1,7-1,8	8,6-8,9	79-85	85-91	6-7
4			2,0-2,5	7,2-7,7	75-79	88-92	5-7
5			2,0-2,2	7,1-8,2	75-82	88-91	5-7
6			2,0-2,4	7,3-8,1	75-80	88-91	5-7

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
щільність струму 4 А/м ²							
1	ел. об.-ка + в модуль- ному при- строї	1,5	1,7-1,8	7,0-7,2	79-85	88-92	0,9-1
2			1,5-2,3	5,4-5,7	81-81	91-94	1
3			2,0-2,4	6,9-9,0	74-80	88-90	0,9-1
4			1,6-2,4	5,5-7,0	80-80	90-93	1
5			1,5-1,8	7,2-9,7	81-85	88-90	0,9-1
6			1,5-1,8	4,5-4,7	81-85	92-95	0,9-1
щільність струму 10А/м ²							
1	ел. об.-ка + в модуль- ному при- строї	18,0	2,8-2,9	8,4-9,0	65-76	86-90	12-13
2			2,6-3,2	8,0-8,6	68-73	87-91	12-13
3			2,8-2,6	9,0-9,6	65-78	85-90	12-13
4			2,5-2,6	8,3-9,5	69-78	86-90	11-13
5			2,6-3,1	8,4-9,2	68-74	86-90	12-13
6			2,6-2,9	7,6-7,7	68-76	87-92	11-13
щільність струму 10А/м ²							
1	ел. об.-ка + в модуль- ному при- строї	10,0	1,5-1,6	6,6-9,1	81-87	89-90	6-7
2			1,8-1,9	7,4-7,6	78-84	88-92	5-7
3			2,0-2,1	6,4-6,9	75-82	89-93	6-7
4			2,2-2,3	6,0-6,2	72-81	90-93	6-7
5			1,6-1,8	5,6-5,9	80-85	91-94	5-7
6			2,1-2,2	6,4-6,7	73-82	89-92	6-7
щільність струму 10А/м ²							
1	ел. об.-ка + в модуль- ному при- строї	1,5	1,5-1,8	7,4-8,0	81-85	88-91	1
2			1,3-1,5	4,2-4,7	84-88	93-95	1
3			2,0-2,1	5,5-6,9	75-82	91-93	1
4			1,4-1,6	5,8-7,0	82-87	90-93	1
5			1,6-1,7	5,5-6,5	80-86	91-93	0,9-1
6			1,2-1,5	3,6-4,7	85-88	94-95	1

Якість очищеної води в межах щільності струму 4-10 А/м² питомій тривалості переривання подачі напруги на пластини електродів 250 мсек/сек і швидкостях фільтрування 0,9-13,0 м/год становить: концентрація завислих речовин – 1,2-3,2 мг/л; нафтопродуктів – 3,6-9,6 мг/л.

Результати експериментів з визначенням впливу параметрів електрообробки при різних швидкостях фільтрування на швидкість біозростань (біогенність) наведено в табл.2, з якої видно, що очищена вод лише в модульному апараті має більшу біогенність, ніж вихідна стічна вода.

Комбінована очистка при щільності струму на електродах 4-10 А/м² та питомій тривалості переривання подачі напруги на пластини електродів 250 мсек/сек, швидкостях фільтрування води – 0,9-13 м/год середня швидкість біозростань склала 0,020-0,066 г/м²·ч, а ефект зниження швидкості біозростань в середньому становив 95,9-97,5%.

Таблиця 2 – Результати експериментів з визначенням швидкості біозростань і ефективності обробки води

№ експериментів	Найменування показників			
	щільність струму, А/м ²	середня швидкість біозростань (максимальна), г/м ² ·ч /ефективність обробки, %		
		швидкість фільтрування, м/год		
		0,9-1,0	5-7	10-13
1	без електрообробки і очистки в модульному апараті			
	0,788(0,842)			
2	без електрообробки з очисткою в модульному пристрої			
	1,105(1,251) /- 40,2 (- 48,6)			
3	з електрообробкою з перериванням подачі напруги 250 мсек/сек і з очисткою в модульному пристрої			
	4	0,035(0,034) /95,5 (96,0)	0,036(0,042) /95,4 (95,0)	0,066(0,072) /91,6 (91,4)
	10	0,020(0,029) /97,5 (96,5)	0,022(0,039) /97,2 (95,4)	0,032(0,041) /95,9 (94,8)
4	З електрообробкою без переривання подачі напруги (безперервна) і з очисткою в модульному пристрої			
	4	0,130(0,139) /83,5 (83,5)	0,131(0,141) /83,4 (83,2)	0,151(0,176) /80,8 (77,7)
	10	0,030(0,035) /96,2(95,8)	0,032(0,055) /95,9(93,5)	0,039(0,091) /95,0(89,2)

Очищена за допомогою комбінованого методу вода відноситься до II (не біогенна) групи при 3 балах біогенності, тобто зі слабким ступенем біогенності.

Таким чином, підтверджено в промислових умовах ефективність комбінованого методу очистки стічної води вагонного депо мийки цистерн від грубо-, дрібнодиспергованих нафтових забруднень і завислих частинок послідовною обробкою в модернізованому електричному апараті та в модульному пристрої. Максимальний ефект очистки стічної води становив від: завислих речовин – 63-88%; від нафтопродуктів – 85-95%; зменшення середньої швидкості біозростань – 95,9-97,5% отримано при щільності струму на електродах 4-10 А/м² при питомій тривалості переривання електрообробки 250 мсек/сек і швидкості фільтрування в модулях – 0,9-13 м/год. По концентраціях залишкових забруднень і ступеню біогенності очищена вода відповідає вимогам до води, яка використовується в умовно чистих циклах охолодження різних виробництв та агрегатів, зокрема дизельних двигунів тепловозів.

1.Никулин С.Е., Онищенко Н.Г. Перспективы совершенствования электрической обработки в промышленном водоснабжении // Научный вестник строительства. Вип.52. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С.159-162.

2.Онищенко Н.Г. Розробка та випробування модульного пристрою комбінованої очистки стічних вод // Научный вестник строительства. Вип.55. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ

АБУ, 2009. – С.152-156.

3. Нікулін С.Ю., Онищенко Н.Г. Промислові випробування модульного пристрою комбінованої очистки стічних вод // Комунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. Вып.93. – К.: Техніка, 2010. – С.120-125.

4. Нікулін С.Ю., Онищенко Н.Г. Експериментальні дослідження комбінованого методу очистки стічних вод // Науковий вісник будівництва. Вип.57. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С.355-361.

5. Патент на винахід України № 49950, МКИ C02F 1/28 B01 J20/20. Вуглецевмісний зернистий фільтрант та спосіб його виготовлення / Нікулін С.Ю., Прокопов О.А., Соловйов С.М., Дурнев М.О. Опубл. в Бюл. № 10, 2002 р.

6. Рішення про видачу патенту України на винахід по заявці № а 2009 07061 від 12.03.2011 р., МКИ C 02 F 1/40, 3/06., від 06.07.2009 р. Модульний пристрій комбінованої очистки стічних вод від завислих речовин та диспергованих нафтових забруднень / Шеренков І.А., Архипов О.В., Нікулін С.Ю., Онищенко Н.Г., Осика Н.В.

7. Шабалин А.Ф. Оборотное водоснабжение промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – С.127-129.

Отримано 08.04.2011

УДК 628.16

Н.П.НЕЧИТАЙЛО, канд. техн. наук, А.О.БЕЛАЯ, К.В.СОЛОДОВНИКОВА
*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г.Днепропетровск*

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Методы мембранной обработки сточных и природных вод получили широкое распространение ввиду высокой надежности и экономической целесообразности. Мембранные методы малочувствительны к колебаниям загрязнений воды ввиду высокой селективности.

Методи мембранної обробки стічних та природних вод отримали широке поширення через високу надійну та економічну доцільність. Мембранні методи малочутливі до коливання забруднень води через високу селективність.

Methods of membrane treatment of wastewater and natural waters are widely used because of the high reliability and feasibility. Membrane methods are not very sensitive to fluctuations in water pollution due to high selectivity.

Ключевые слова: мембранные технологии, обратный осмос, осмотическое давление, ацетатцеллюлозная мембрана.

Вопросы рационального и безопасного использования водных ресурсов в настоящее время приобретают все большую актуальность. Это связано с увеличившейся антропогенной нагрузкой на объекты водопользования. Повышение антропогенной нагрузки обусловлено появлением новых материалов, технологий производства и обработки. Это привело к тому, что существующие локальные производственные очистные сооружения не адаптированы к появившимся видам загрязнений, а на многих предприятиях и вовсе не были предусмотрены.